

# Wärmespeicher und PCM

Jörg-Karl Bösner

30. Januar 2003

## Zusammenfassung

Schon seit langem versuchen die Menschen, einmal gewonnene Wärme (z.B. aus Kachelöfen) zu speichern und sie später bzw. an einem anderen Ort (als Wärmeflasche) zu verwenden. Früher wurden dazu einfache Alltagsgegenstände wie Ziegelsteine "umfunktioniert", was meistens umständlich und nicht sehr effektiv war. Heute ist es durch neue Materialien und Speicher möglich, die Wärme ganzer Jahreszeiten energiesparend als Heizung/Kühlung zu verwenden, und so den Primärenergiebedarf drastisch zu senken.

## 1 Erdboden als Wärmespeicher am Beispiel des Main-Towers in Frankfurt

Grundsätzlich kann das Erdreich als Wärmereservoir verwendet werden, indem man z.B. im Winter die Kälte "einlagert" und sie im Sommer zur Kühlung eines Bürokomplexes heranzieht. Dies hat den Vorteil, daß keine extra Speicherbehälter angelegt werden müssen, sondern das schon vorhandene Erdreich genutzt werden kann, allerdings müssen dafür aber auch lange Rohrschlangen verlegt werden.

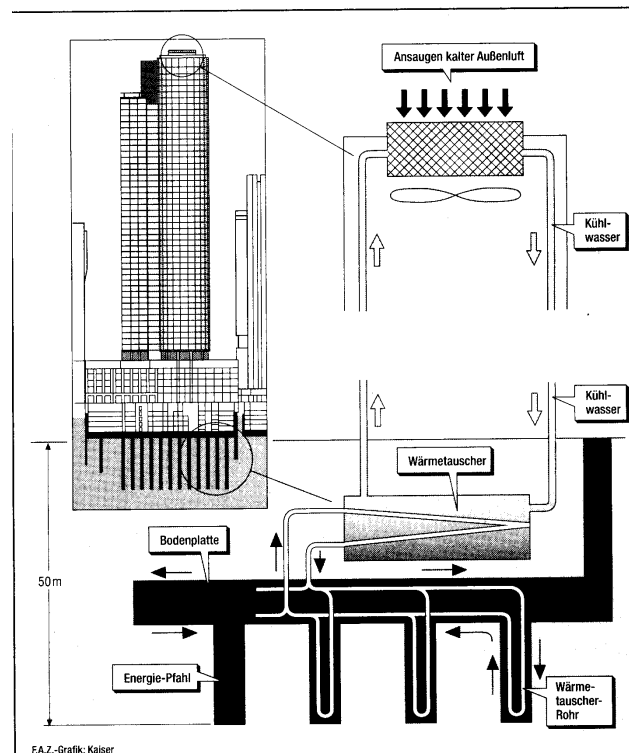
### 1.1 Bauliche Besonderheiten

- Der Boden in der Frankfurter Gegend ist für den Bau von Hochhäusern nicht besonders geeignet, daher sind besondere Fundamente notwendig: Die Bodenplatte des Gebäudes ruht auf langen, in die Erde gerammten Pfählen, die auch als sog. "Energiepfähle" verwendet werden, um die Kälte in den Boden zu transportieren.
- Der Boden in der Frankfurter Umgebung ist besonders warm (16-19°C), daher durch großen Temperaturunterschied guter Wirkungsgrad, die Temperatur kann bis auf 5°C gesenkt werden.

- Polyethylen-Rohre von insgesamt 90km Länge werden in eine Tiefe von bis zu 50m verlegt, das dadurch benutzte Erdvolumen beträgt 300.000 m<sup>3</sup>.
- “Stille” Lüftung sorgt für behagliches Raumklima und dennoch geringen Energiebedarf: Die Decke wird ähnlich einer Fußbodenheizung mit Heizschlangen durchzogen, die je nach Bedarf geheizt oder gekühlt werden können; die kühle Luft sinkt dann zugfrei auf den Boden.

## 1.2 Funktionsweise

- Ein Wärmetauscher auf dem Dach saugt im Winter kalte Umgebungsluft an und kühlt somit den Primärkreislauf, der die Kälte nach unten transportiert.
- Im Boden befindet sich ein zweiter Wärmetauscher, der die Kälte an die Energiepfähle und somit ans Erdreich abgibt, das so bis zu 500 Megawattstunden thermischer Energie speichern kann, das sind etwa 15% der jährlich benötigten Kühlleistung.
- Durch die energiesparende Bauweise des Gebäudes konnten bereits drei jeweils 340 Kilowatt starke BHKWs eingespart werden, das entspricht etwa 40% des Energiebedarfs, der bei herkömmlicher Bauweise verbraucht würde.

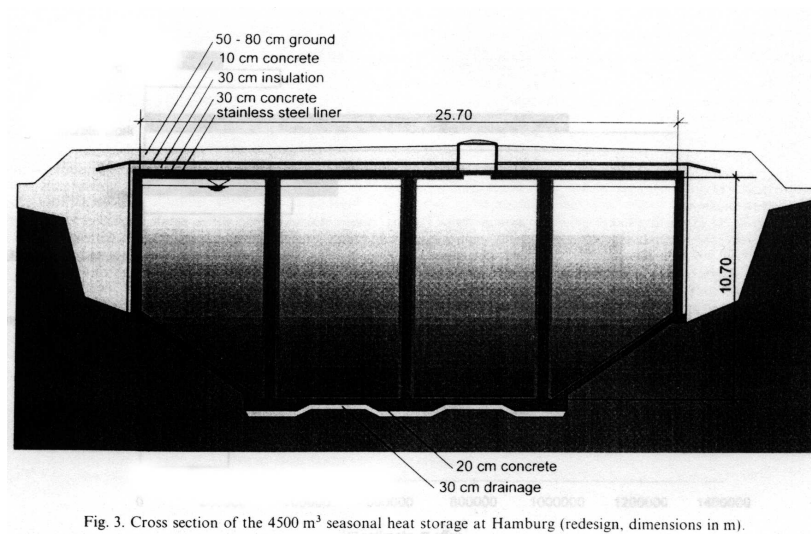


*Kälte im Winter über Wärmetauscher auf dem Dach des Hochhauses eingesammelt und für den Sommerbetrieb im Erdreich unter der Fundamentplatte gespeichert*

## 2 Speicherung in “Wassergruben”

Hier wird statt dem Erdreich ein Wasserreservoir verwendet, in dem die Kälte gespeichert werden kann. Pilotprojekte dazu wurden in Rottweil (600m<sup>3</sup> Speicherkapazität), Friedrichshafen (12000m<sup>3</sup>) und Hamburg (4500m<sup>3</sup>) gebaut. Die Außenwand wird aus Beton gefertigt, danach folgt eine wasserundurchlässige Schicht aus Stahl oder Polyethylen, das Ganze wird nach außen hin noch thermisch isoliert.

Beispiel: erstes Pilotprojekt in Rottweil:



## 2.1 Vorteile gegenüber der Speicherung im Erdreich

- Wasser hat eine höhere spezifische Wärme ( $4,19 \frac{J}{kgK}$ ).
- Kompakte Bauweise, Behälter ist i.d.R. halb im Boden versenkt, der obere Teil wird mit dem Aushub abgedeckt, die Fläche kann dann sinnvoll genutzt werden (z.B. für den Straßenbau).
- Es können höhere Temperaturdifferenzen genutzt werden, dadurch besserer Wirkungsgrad.
- Es sind kleinere Pumpen notwendig, da das Speichermedium direkt verwendet werden kann.

## 2.2 Nachteile

- Zusätzliche Isolation nötig, um unerwünschte Wärmeabgabe ins Erdreich zu vermeiden.
- Dichtheit der Behältnisse muß über einen längeren Zeitraum garantiert sein.
- Es muß ein Dehnbereich für die Volumenänderung des Wassers bei Temperaturänderung vorhanden sein.
- Sauerstoff im Becken greift die Behälterwand an, dadurch Schutzatmosphäre aus inertem Gas (z.B. Stickstoff) notwendig, alternativ ist auch eine Verdrängung der Luft im Dehnbereich mit gesättigtem Wasserdampf möglich, was aber zu teuer und energieaufwendig ist.

## 2.3 Stand des Projektes “Solarthermie 2000”

Das 1993 gestartete 10-Jahresprogramm des Bundesministeriums für Wissenschaft und Technik (BMWi) fördert die Errichtung von bis zu 100 mittelgroßen Demonstrationsanlagen mit mindestens 100m<sup>2</sup> Kollektorfläche und die wissenschaftliche Auswertung der gewonnenen Daten zur Wirtschaftlichkeit und des Betriebsverhaltens.

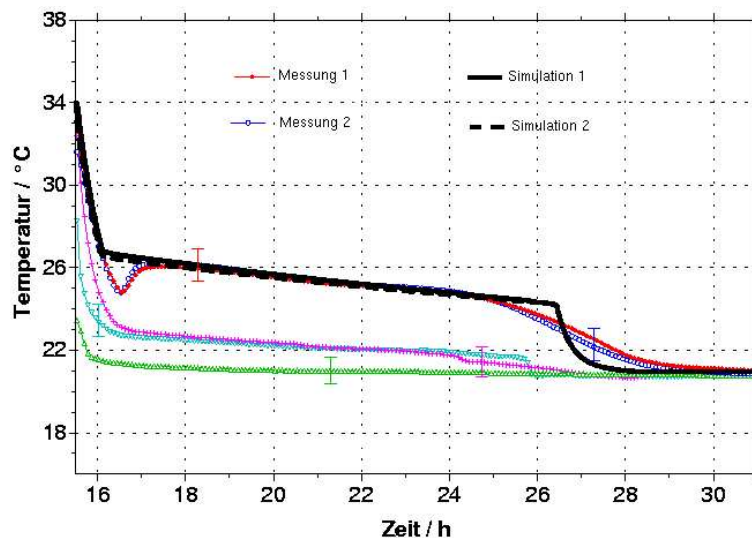
Die Häuser wurden zusätzlich mit einer besseren Wärmeisolierung und niedrig emittierenden Fenstern ausgestattet, die zentralisierte Heizung ermöglicht die Zufeuerung von Gas/Öl oder Biomasse, falls die Wärmespeicher nicht ausreichen sollten. Die solar gewonnene Energie wird hauptsächlich zur Erwärmung von Brauchwasser verwendet, besonders sinnvoll ist hier die Nutzung in Einrichtungen, die einen konstanten Bedarf an Warmwasser haben wie Krankenhäuser oder Altenheime.

## 2.4 Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicher (engl. PCM = Phase Change Material) können bei einer kleinen Temperaturdifferenz durch den Phasenübergang große Mengen an Energie speichern. Als PCMs können Salzhydrate, Salzschnmelzen (für hohe Temperaturen), Paraffine und im klassischen Fall Wasser (als Eiswürfel) eingesetzt werden.

### 2.4.1 Eigenschaften

Wegen des Phasenübergangs verläuft die Temperatur nicht linear, sondern es bildet sich während des Phasenübergangs ein Temperaturplateau aus:



Leider kann es bei Salzen beim Abkühlen zum sogenannten “Unterkühlen” kommen (siehe Abbildung), d.h. das Salz erstarrt nicht bei seiner eigentlichen Schmelztemperatur, sondern erst darunter, was besonders bei Anwendungen in der Raumklimatisierung zu Problemen führen kann.

## 2.4.2 Anwendungsmöglichkeiten am Beispiel von Paraffin

### Vorteile von Paraffin als PCM

- umweltfreundlich
- recyclebar, verbrennt unbedenklich
- Für alle Temperaturbereiche lassen sich geeignete Paraffine herstellen.
- kein Unterkühlen

### Anwendungen

- als Zwischenpuffer in einer Fußbodenheizung
- Kühl- / Heizboxen zum Transport von Nahrungsmitteln oder Organen
- in “Eispackungen”, Wärmflaschen im sportmedizinischen Bereich
- in Durchlüfterheizern zur gleichmäßigen Raumtemperierung
- Temperierung von Motorblocks

## A Literatur

- FAZ 13.5.1997 - Das Erdreich unter dem Kellerboden wird zum Energiespeicher
- R. Kübler, N. Fisch & E. Hahne - “High Temperature Water Pit Storage Project for Seasonal Storage of Solar Energy”
- [www.maintower.de](http://www.maintower.de)
- Phillip Holzmann
- WDR - Quarks
- [fujitaresearch.com](http://fujitaresearch.com)
- AmbienteItalia
- Rubitherm